

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(8)

(11)Publication number : 06-005984

(43)Date of publication of application : 14.01.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 04-262259

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 30.09.1992

(72)Inventor : OHATA TOYOJI
OGAWA MASAMICHI
NEMOTO KAZUHIKO

(30)Priority

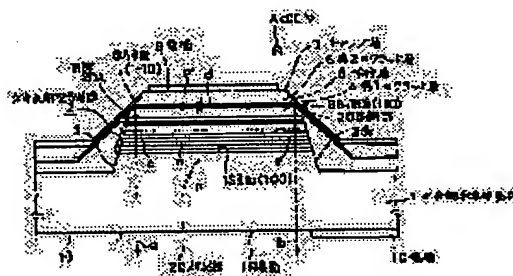
Priority number : 04104718 Priority date : 23.04.1992 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor laser which has a low threshold value and can provide higher output by using a distributed reflection type multilayer film in a surface light-emitting laser which takes out laser beams in the horizontal direction to the main surface of a substrate, and to provide the manufacture of such a semiconductor laser.

CONSTITUTION: At least an active layer 5 and clad layers 4, 6, are formed on a compound semiconductor substrate 1 having a distributed reflection type multilayer film 2. At least sides 8A, 8B of the active layer 5 are structured as crystal planes [110].



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-5984

(43) 公開日 平成6年(1994) 1月14日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平4-262259

(22) 出願日 平成4年(1992) 9月30日

(31) 優先権主張番号 特願平4-104718

(32) 優先日 平4(1992) 4月23日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 大畑 豊治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 小川 正道

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 根本 和彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

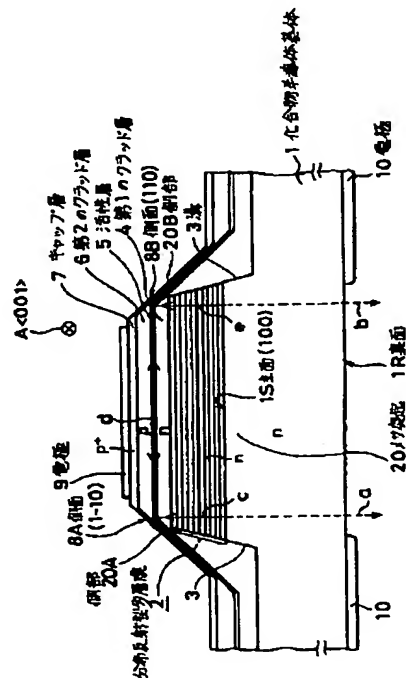
(74) 代理人 弁理士 松隈 秀盛

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 レーザ光を基板の主面に対して垂直な方向に取り出す面発光レーザにおいて、分布反射型多層膜を用いて低しきい値で且つ高出力化が可能な半導体レーザ及びその製造方法を提供する。

【構成】 分布反射型多層膜2を有する化合物半導体基体1上に、少なくとも活性層5及びクラッド層4、6が形成され、少なくとも活性層5の側面8A及び8Bを(110)結晶面として構成する。



本発明半導体レーザの一例の断面図

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 分布反射型多層膜を有する化合物半導体基体上に、少なくとも活性層及びクラッド層が形成され、少なくとも上記活性層の側面が{110}結晶面より成ることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 上記活性層及びクラッド層は、その側面が〈001〉結晶軸方向に延長して成るメサ状に形成されることを特徴とする上記請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 上記活性層が上記分布反射型多層膜に接して設けられ、少なくとも上記分布反射型多層膜の側面が上記化合物半導体基体の主面に対し45°を成す角度をもってエッチング形成されて成ることを特徴とする上記請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 化合物半導体基体の{100}結晶面より成る主面上に、順次少なくとも分布反射型多層膜、活性層及びクラッド層を、少なくとも上記活性層の側面が〈001〉結晶軸方向に延長する{110}結晶面より構成されるように形成した後、全面的に無選択エッチングを行って上記活性層の側面をエッチング処理することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 化合物半導体基体の主面上に側部が〈001〉結晶軸方向に延長するメサ突起が設けられ、上記メサ突起の上に分布反射型多層膜を有し、上記メサ突起を覆うように少なくとも活性層及びクラッド層が形成され、少なくとも上記活性層の側面が{110}結晶面として構成され、上記活性層から上記側面を介して上記分布反射型多層膜で反射される共振器が構成されて成ることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 化合物半導体基体上に分布反射型多層膜を有し、上記分布反射型多層膜上に化合物半導体より成るメサ突起はその側部が〈001〉結晶軸方向に延長するように設けられ、少なくとも活性層及びクラッド層が上記メサ突起を覆うように形成され、少なくとも上記活性層の側面が{110}結晶面として構成され、上記活性層から上記側面を介して上記分布反射型多層膜で反射される共振器が構成されて成ることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 分布反射型多層膜が形成された化合物半導体基体上に、側面が{110}結晶面より成り〈001〉結晶軸方向に延長する少なくとも活性層及びクラッド層から成るメサ状突起が形成されて成り、上記活性層から上記側面を介して上記分布反射型多層膜で反射される共振器が構成されて成ることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】 化合物半導体基体上に、側面が{110}結晶面より成り〈001〉結晶軸方向に延長する少

2

なくとも分布反射型多層膜と、活性層及びクラッド層から成るメサ状突起が形成されて成り、

上記活性層から上記側面を介して上記分布反射型多層膜で反射される共振器が構成されて成ることを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体レーザ、特に例えば半導体レーザの出力光を基体に垂直な面方向に取り出すいわゆる面発光型半導体レーザ及びその製造方法に係わる。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザは、光ディスク、光ファイバー通信光源等として広く実用化されており、更に高コヒーレンス化や高出力化等の特性の向上と共に、光変調器などの機能デバイスとのモノリシック集積化が進められている。特に近年、光コンピュータ等における並列光情報処理、或いは大容量並列光伝送などへの応用を考えて、大規模な2次元集積化の実現が望まれている。しかしながら、従来構成の半導体レーザは素子分離をしないと性能試験ができないなどの理由からモノリシックな集積が極めて難しい。これに対して2次元集積化が可能な半導体レーザとして、基板面に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型のレーザが注目されている。

【0003】このような面発光レーザとしては、例えば通常の半導体レーザの発光端面に対向して、基板に対し45°の角度をなすミラー面を設け、このミラー面に反射させてレーザ光を基板面に対し垂直な方向に取り出す構成が採られる。そしてこのような面発光レーザをモノリシック構成として形成するためには、一般にRIE（反応性イオンエッチング）、RIBE（反応性イオンビームエッチング）、イオンミリング等の異方性のドライエッチングを利用することにより、例えば基板上に形成した半導体層に対して基板に垂直な方向から、45°程度の斜め方向からの2回の異方性エッチングを行うことによってレーザ光出射端面とミラー面とを形成して得ることができる。

【0004】しかしながら、このような異方性ドライエッチングにより形成する場合、そのエッチング界面にはかなりのダメージが生じ、活性層端面やミラー面を原子層オーダー程度の平坦性をもって形成することが難しく、また活性層端面に高反射膜を被着する場合はこの被着によって活性層がダメージを受け、特性の変動や低下を生じるという不都合が生じ、レーザ光を効率よく面方向に取り出すことは難しい。

【0005】このため、基板上に半導体層と反射面とを積層して基板面に垂直な方向に共振器を形成し、垂直方向にレーザ光を出射させる構成が提案されている。このような積層構成の半導体レーザの一例を図Aを参照して説明する。この例においては、基板21上に半導体層等

3

を積層した後、基板21の裏面側に孔部31を穿設して裏面側からレーザ光を出射させる構成としたものである。

【0006】このような半導体レーザの形成方法としては例えば、GaAs等より成る化合物半導体基板21に例えばn型のGaAs等より成るバッファ層22、n型AlGaAs等より成るクラッド層23、GaAsとAlGaAsとを交互に積層して成る分布反射型多層膜24、更にGaAs等より成る活性層25、p型のAlGaAs等より成るクラッド層26、p型のGaAs等より成るキャップ層27等が順次積層されて構成される。そしてキャップ層27を符号28で示す活性領域の図において下部のみを残して除去するように、クラッド層26に達する溝をフォトリソグラフィ等の適用により穿設した後、SiNx等より成る誘電体反射膜29を全面的に被着し、分布反射型多層膜24と誘電体反射膜29との間で矢印Gで示すように共振器を構成する。

【0007】そして、活性領域28の下部において誘電体反射膜29に例えばリング状凹部を穿設して、この凹部内を含めて全面的に例えばAu/Zn/Auの積層による電極30を被着して、基板21の裏面にも同様の電極31を被着した後、孔部32を穿設して、上述したようにこの孔部32から矢印Lで示すように基板21の孔部31からレーザ光出力を得ている。

【0008】このように、レーザ反射鏡として分布反射型多層膜を用いることによって95%以上の高い反射率を得ることができ、レーザの低しきい値化をはかることができるものである。しかしながら、このような分布反射型多層膜は多数のヘテロ障壁を含むため、低抵抗のp型伝導を得るのが困難であり、多層膜反射鏡を電流注入型レーザに用いる場合、低抵抗化が難しいという問題がある(例えば「応用物理」第60巻第1号(1991)、p. 2~13)。分布反射型多層膜として誘電体多層膜を用いることも考えられるが、この場合製造工程が複雑になるだけでなく、電流注入が難しくなるという問題も生じる。

【0009】また上述の構成では共振器が垂直方向に形成されるため、利得領域長が活性層の厚さによって決まり、これを大とすることが難しく、得られる利得が小さい。このため、十分な低しきい値化をはかるためには、分布反射型多層膜を95%程度以上の高反射率とする必要がある。しかしながらこのように出射端面を高反射率とする場合は、逆に外部への出射光量が小となることから、高出力のレーザには適用し難いという問題がある。

【0010】一方、十分に高出力の得られる構造として、通常の水平共振器型レーザの端面近傍に45°反射鏡を形成して基板面に垂直な出力を得るものがある(例えば「J.H. Kim et al. Appl. Phys. Lett. 57(1990)pp2048-2050」)。この構成は原理的には簡単であるが、一般に共振器端面や45°外部反射鏡をRIBE等のエッチ

4

ング技術を用いて作製するため、製造工程が複雑で且つ端面や外部反射鏡の平面度や角度精度の制御が難しい。そのため出射角のずれや収差等が生じる恐れがある。

【0011】更に、充分な高出力が得られる別の構造として、通常の水平共振器型レーザ構造を作製した後、垂直な端面を形成せずに45°エッチングを行ってその斜め端面を内部全反射鏡とし、曲がり共振器を構成する例が報告されている(例えば「N. Hamao et al. Appl. Phys. Lett. 54(1989)pp2389-2391」)。しかしながらこの構造でも上述の外部反射鏡型と同様にRIBE等のエッチング技術を利用して作製するため、上述の例と同様の問題が生じる。特に45度反射鏡の角度精度は極めて困難となる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、分布反射型多層膜を用いて低しきい値で且つ高出力化が可能な面発光型構成の半導体レーザ及びその製造方法を提供する。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明半導体レーザは、その一例の略線的拡大断面図を図1に示すように、分布反射型多層膜2を有する化合物半導体基体1上に、少なくとも活性層及びクラッド層、この場合第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6を形成し、少なくとも活性層5の側面8A及び8Bを{110}結晶面として構成する。

【0014】また本発明半導体レーザは、上述の構成において第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6は、側面8A及び8Bが〈001〉結晶軸方向に延長して成るメサ状に形成する。

【0015】また更に本発明は、上述の構成による半導体レーザにおいて、図2にその一例の略線的拡大断面図を示すように、活性層5を分布反射型多層膜2に接するように設け、少なくともこの分布反射型多層膜2の側面を化合物半導体基体1の主面1Sに対し45°を成す角度をもってエッチング形成して構成する。

【0016】また更に本発明による半導体レーザの製造方法は、その一例の工程図を図3A及びBに示すように、化合物半導体基体1の{100}結晶面より成る主面1S上に、順次少なくとも分布反射型多層膜2、活性層5及びクラッド層36を、少なくとも活性層5の側面が〈001〉結晶軸方向に延長する{110}結晶面より構成されるように形成した後、全面的に無選択エッチングを行って活性層5の側面をエッチング処理する。

【0017】また本発明半導体レーザは、図1に示すように、化合物半導体基体1上に、側部20A及び20Bが〈001〉結晶軸方向に延長するメサ突起20を設け、このメサ突起20の上に分布反射型多層膜2を有し、メサ突起20を覆うように少なくとも活性層及びクラッド層、この場合第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6を形成し、少なくとも活性層5の側

5

面8A及び8Bを{110}結晶面として構成し、活性層5から側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。

【0018】更にまた本発明半導体レーザは、その一例の略線的拡大断面図を図4に示すように、化合物半導体基体1上に分布反射型多層膜2を有し、分布反射型多層膜2上に化合物半導体より成るメサ突起20をその側部20A及び20Bが(001)結晶軸方向に延長するように設け、少なくとも活性層及びクラッド層、この場合第1のクラッド層4、活性層5、第2のクラッド層6をメサ突起20を覆うように形成して、少なくとも活性層5の側面8A及び8Bを{110}結晶面として構成し、活性層5から側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。

【0019】また本発明半導体レーザは、その一例の略線的拡大断面図を図5に示すように、分布反射型多層膜2が形成された化合物半導体基体1上に、側面8A及び8Bが{110}結晶面より成り(001)結晶軸方向に延長する少なくとも活性層及びクラッド層、この場合第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6から成るメサ状突起50を形成して構成し、活性層5から側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。

【0020】更にまた本発明半導体レーザは、その一例の略線的拡大断面図を図6に示すように、化合物半導体基体1上に、側面8A及び8Bが{110}結晶面より成り(001)結晶軸方向に延長する少なくとも分布反射型多層膜と活性層とクラッド層、この場合分布反射型多層膜2と、第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6から成るメサ状突起50を形成して構成し、活性層5から側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。

【0021】

【作用】上述したように、本発明半導体レーザにおいては、分布反射型多層膜2を有する化合物半導体基体1上に、{110}結晶面より成る側面8A及び8Bを有する活性層5が形成されて成る構成を採るものであるが、このような{110}結晶面は、化合物半導体基体1上に、図1～図4に示すように(001)結晶軸方向に延長するメサ突起20を設けるか、または図5及び図6に示すように(001)結晶軸に延長するマスク13を設けた後に、MOCVD(有機金属による化学的気相成長)法等のエピタキシャル成長方法により化合物半導体層を成長することによって自然発生的に得られる。

【0022】即ち、(001)結晶軸方向に延長するメサ突起20の側部20A及び20B又はマスク13の側部13A及び13Bから{110}結晶面が発生すると、この{110}結晶面上ではエピタキシャル成長速度が極めて遅いことから、化合物半導体層の成長側面8A及び8Bをこの{110}結晶面により形成しながら

6

成長することができる。つまり、少なくとも活性層の側面8A及び8Bを、基体の主面に対し45°をなす{110}結晶面により構成できることとなる。

【0023】そしてこのように活性層側面8A及び8Bが{110}結晶面より成る場合、活性層内で励起された発振光は側面8A及び8Bによってこれをミラー面として垂直下方向に反射され、基体1に設けられる分布反射型多層膜2に向かうこととなる。即ちこのような構成とすることによって、分布反射型多層膜2から活性層の一方の側面8Aを介して活性層内を通して他方の側面8Bを介して再び分布反射型多層膜2で反射されるいわば下向きのコ字型に屈曲した共振器が構成され、基体1の裏面1R側に破線矢印a及びbで示すようにレーザ光を出射させることができる。

【0024】このように本発明半導体レーザでは、その活性層の側面8A及び8BをRIE等のドライエッチングを適用することなく構成し得るため、活性層がダメージを受けることを回避でき、正確な45°のミラー面を得ることができる。

【0025】また、図1において矢印dで示すように、活性層5の長さ(幅)方向を含んで共振器を構成することから、この長さを大とすることによって充分利得領域長の大なる共振器を得ることができるため、分布反射型多層膜2の厚さを大としたり、その反射率を極めて大とすることなく充分高い利得を得ることができることとなり、低しきい値化と共に高出力化をはかることができる。

【0026】また本発明半導体レーザでは、曲がり共振器構成を採ることから分布反射型多層膜2を活性層5と基体1との間に設けるのみで共振器を構成することができることとなり、n型の分布反射型多層膜のみにより面発光レーザを構成することができ、p型の分布反射型多層膜による高抵抗化を回避することができる。

【0027】また本発明において、特に分布反射型多層膜2の側面を、全面的な無選択エッチングにより化合物半導体基体1の主面1Sに対し45°を成す角度をもってエッチング形成して構成することにより、図2に示すように活性層5の側面8A及び8Bを実質的にその共振器の内側方向にシフトさせ、この側面8A及び8Bで反射される光の光路を確実に分布反射型多層膜2に向かわせることができ、光の伝搬損失を抑えて光フィードバック効率の低下を回避することができる。

【0028】

【実施例】以下本発明半導体レーザの各例を図面を参照して詳細に説明する。各例共に、分布反射型多層膜2を有する化合物半導体基体1上に、第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6、又は活性層5及びクラッド層36の各半導体層が形成され、活性層5の両側面8A及び8Bが{110}結晶面として構成され、そしてこれら各層の側面が矢印Aで示す(001)結晶軸

7

方向に延長して成るメサ状に形成される場合を示す。

【0029】図1に示す本発明半導体レーザは、GaAs等の化合物半導体基体1の{100}結晶面の例えば(100)結晶面より成る主面1S上に、矢印Aで示す<001>結晶軸方向の例えば[001]結晶軸方向にその側部20A及び20Bが延長するメサ突起20を設け、このメサ突起20の上に分布反射型多層膜2を有し、メサ突起20を覆うようにこの場合第1のクラッド層4、活性層5、第2のクラッド層6及びキャップ層7をMOCVD法等により形成して、この場合第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6の両側面8A及び8Bを{110}結晶面とし、例えば側面8Aを(1-10)面、側面8Bを(110)面として構成する。

【0030】これらの{110}結晶面は、{100}結晶面より成る主面1Sに対し45°の角度を成し、矢印cで示すように活性層5内で励起された光は両側面8A及び8Bにより図1において下方に反射され、分布反射型多層膜2により再び矢印c及びeで示すように上方に反射されて側面8A及び8Bを介して活性層5内に戻され、下向きのコ字型に屈曲した共振器が構成される。

【0031】9及び10はそれぞれキャップ層7上と基体1の裏面1R上に被着される電極である。この構成において、活性層5から両側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。

【0032】このような半導体レーザの製造方法の一例を図7A~Cの製造工程図を参照して説明する。図7において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。先ず図7Aに示すように、例えばn型GaAsより成る化合物半導体基体1上に、MOCVD法等により、n型GaAsとn型AlGaAsとを積層した分布反射型多層膜2を被着形成する。この分布反射型多層膜2は、例えば励起波長を1μmとし、GaAsの屈折率を3.50、Al_{0.7}Ga_{0.3}Asの屈折率を3.064として、反射率が70%となるようにその膜厚を選定し、即ちn型GaAs層を500nm被着した後、厚さ81.6nmのn型Al_{0.7}Ga_{0.3}As層と厚さ71.4nmのn型GaAs層とを交互に10層ずつ積層してこの分布反射型多層膜2を構成した。

【0033】そしてこの後図7Bに示すように、フォトリソグラフィ等の適用により、<001>結晶軸方向に延長するレジストマスク14を形成し、これをマスクとしてRIE等の異方性エッチングを行って、基体1に達する深さの溝3を形成して、これら溝3の間にメサ突起20を構成する。この場合、<001>結晶軸の例えば[001]結晶軸方向と[0-10]結晶軸方向とに延長する側部20A及び20Bを有する平面長方形のパターンとして形成し、図7Bにおいて矢印Aで示す図7の紙面に直交する[001]結晶軸方向に沿う長辺を200μm、矢印Bで示す[0-10]結晶軸方向に沿う短

8

辺を100μmとした。メサ突起20の両側面15A及び15Bはそれぞれ(0-10)結晶面と(010)結晶面となる。

【0034】次に図7Cに示すように、この分布反射型多層膜2の上に、第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6を順次MOCVD法によって成長温度を約800℃としてエピタキシャル成長した。この場合、第1のクラッド層として厚さ0.2μmのn型のGaAs層と、厚さ1.0μmのn型Al_{0.3}Ga_{0.7}As層を被着した後、図示しないがガイド層として、厚さ50nmのn型GaAs層と厚さ50nmのi型GaAs層とを被着し、また活性層5としてi型In_{0.15}Ga_{0.85}As層を被着し、更にガイド層として厚さ50nmのGaAs層、厚さ50nmのp型GaAs層を形成し、その上にp*のGaAsより成るキャップ層(図示せず)を厚さ0.3μmとして被着する。

【0035】このとき、各層の側面8A及び8Bは、基体1の主面1Sと45°の角度をなす{110}結晶面の例えば(1-10)結晶面及び(110)結晶面として構成される。即ちこれら{110}結晶面がメサ突起20の側部から延長して生じると、この{110}結晶面上では極めてエピタキシャル成長速度が遅いことから、これら側面8A及び8B上の各層の厚さは極めて薄くなり、側面8A及び8Bは上述したように{110}結晶面により構成されることとなる。

【0036】そしてこのような構成とすることによって、活性層5における発振光は、図7Cにおいて矢印Cで示すように、側面8A及び8Bをミラー面として垂直下方向に反射され、分布反射型多層膜2に反射されてこの分布反射型多層膜2から活性層の両側面8A及び8Bを介して再び活性層内に入射され、いわば下向きのコ字型に屈曲した共振器が構成されることとなる。

【0037】この後図1に示すようにキャップ層7上と、基体1の裏面1R上とにAuZn等より成る金属層を蒸着等により被着した後、フォトリソグラフィ等により所要のパターンにパターニングして電極9及び10を形成し、本発明半導体レーザを得ることができる。そしてこれら電極9及び10間に所要の電流を通电することによって、破線矢印a及びbで示すように基体1の裏面1R側にレーザ発振させることができた。このとき活性層5のバンドギャップを基体1のバンドギャップに比し小として構成したことから、この場合波長約1μmの発振光は、GaAsより成る基体1に吸収されずに外部へ出射されることとなり、面発光レーザを得ることができる。

【0038】また、この場合のメサ突起20上の上面からみた平面図を図8に示す。第1のクラッド層、活性層及び第2のクラッド層等より構成される半導体層16の側面は、長方形パターンとされたメサ突起20の長辺に沿う側面8A及び8Bと、短辺に沿う側面18A及び1

9

8 Bにより囲まれて成長する。これら側面1 8 A及び1 8 Bもまた基体の主面と45°の角度をなす{1 1 0}結晶面の例えば(1 0-1)結晶面及び(1 0 1)結晶面より構成される。そしてこの場合長辺に沿う矢印Dで示す方向における励起光が最初に発振され、次いで短辺に沿う矢印Eで示す方向に励起光が発振されて、それぞれ基体の裏面側に出射される。これら長辺側の発振と短辺側の発振とはそれぞれしきい値が異なるため、メサ突起2 0の幅及び長さ等を適切に選定することによって、2段階発振を行うようになることができる。

【0 0 3 9】また、上述の例においてはメサ突起2 0をR I E等の異方性エッチングによって基体1に垂直な方向に溝3を形成したが、その他例えば基体1上に分布反射型多層膜2を形成した後、ウェットエッチング液による等方性エッチングを行って、図9に示すように湾曲した側面を有し、その頂面と側面とに挟まれた側部1 9が〈0 0 1〉結晶軸方向に延長するようにメサ突起2 0を形成し、この上に各層をエピタキシャル成長することによっても本発明半導体レーザを得ることができる。

【0 0 4 0】次に図2を参照して本発明の他の例を詳細に説明する。図2において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この例においては、分布反射型多層膜2上に直接接するように活性層5及びp型のクラッド層3 6を連続的にMOCVD法によりエピタキシャル成長した場合を示し、その分布反射型多層膜2と、更にこの場合活性層5及びクラッド層3 6の側面8 A及び8 Bを、主面1 Sに対し45°を成す角度をもってエッチング形成して構成する。

【0 0 4 1】このような半導体レーザの製造方法の一例を図3 A及び3 Bを参照して説明する。図3において、図2に対応する部分には同一符号を付して示す。先ずこの場合図3 Aに示すように、n型のGaAs等より成る化合物半導体基体1の主面1 S上に、矢印Aで示す〈0 0 1〉結晶軸方向に延長するn型の分布反射型多層膜2を被着した後、R I E等の異方性エッチングによりメサ突起2 0を形成し、その後i型のGaAs等より成る活性層、p型AlGaAs等より成るクラッド層3 6を順次MOCVD法等によりエピタキシャル成長する。

【0 0 4 2】このように、活性層5を分布反射型多層膜2に接して形成する場合、光共振器の反射鏡面となる活性層5の側面8 A及び8 Bは、メサ突起2 0の側部2 0 A及び2 0 Bより外側にシフトしてしまう。従ってこのままでは、45°反射鏡となる側面8 A及び8 Bで反射した光は、その反射した位置から分布反射型多層膜2まで光導波構造をもたないために、回折して広がってしまうこととなり、分布反射型多層膜2で反射した光が再び活性層5に戻るときに損失が生じて、光フィードバック効率の低下を招く恐れがある。

【0 0 4 3】しかしながら、本発明においてはこのような構成に対し例えばSiCl₄、やCl₂、又はSiCl₄

10

4とHeとの混合ガス等のエッチングガスを用いて全的に無選択エッチングを行う。これにより、メサ突起2 0上の各層は元の形状を保ったままエッチングされ、図3 Bに示すように、活性層5の側面8 A及び8 Bが共振器の内側にシフトすることとなり、この45°反射鏡で反射した光は確実に且つ直接的に分布反射型多層膜2にカップリングして、上述したような活性層5を分布反射型多層膜2に接して設ける場合の回折による損失を低減化することができ、光フィードバック効率を高めることができる。

【0 0 4 4】尚この場合、活性層5の側面8 A及び8 Bが露出することとなるが、例えば無選択エッチング後に更にGaAs等の半導体層をごく薄く再成長させるか、或いは誘電体保護膜を被着することによって端面劣化を抑制することができる。

【0 0 4 5】また、このような製造方法を利用して、例えば図1 0及び図1 1にそれぞれ各例の製造工程を示すように、各種構成をもって半導体レーザを形成することができる。図1 0及び図1 1において、図2及び図3に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0 0 4 6】先ず図1 0 A及びBに示す例においては、化合物半導体基体1上に、上述の例と同様に矢印Aで示す〈0 0 1〉結晶軸方向に沿う縁部を有するメサ突起2 0を形成した後、上述の例と同様の組成をもって連続的に分布反射型多層膜2、活性層5及びクラッド層3 6をMOCVD法等によりエピタキシャル成長したものである。この場合図1 0 Aに示すように、分布反射型多層膜2、活性層5及びクラッド層3 6の各層はメサ突起2 0の縁部から延長するようにそれぞれ{1 1 0}結晶面を構成しながら成長する。

【0 0 4 7】その後、全的に無選択エッチングを施すことによって、図1 0 Bに示すように活性層5の側面8 A及び8 Bが内側にシフトされ、側面8 A及び8 Bで反射された光が確実に且つ直接的に分布反射型多層膜2に向かうこととなり、効率良くレーザを発振させることができる。

【0 0 4 8】また、図1 1 Aに示すように、化合物半導体基体1上に〈0 0 1〉結晶軸方向に延長する縁部を有するマスク1 3、例えば誘電体層をフォトリソグラフィ等の適用により形成した後、分布反射型多層膜2、活性層5及びクラッド層3 6を順次MOCVD法等によりエピタキシャル成長すると、各層により{1 1 0}結晶面を側面とするメサ状突起5 0が形成される。

【0 0 4 9】その後無選択エッチングを施すと、図1 1 Bに示すように、活性層5の側面8 A及び8 Bが内側にシフトされ、この場合においても側面8 A及び8 Bで反射された光が確実に且つ直接的に分布反射型多層膜2に向かうこととなり、効率良くレーザを発振させることができる。

【0050】次に図4を参照して本発明半導体レーザの他の例を詳細に説明する。図4において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この場合、化合物半導体基体1上に分布反射型多層膜2を有し、分布反射型多層膜2上に化合物半導体の例えばn型のGaAs層より成るバッファ層12を被着した後、上述の図1の例と同様に所要のパターンのレジストマスク等を被着してこれをマスクとして異方性エッチングを行って側部20A及び20Bが〈001〉結晶軸方向に延長するメサ突起20が設けられ、メサ突起20を覆うように例えば上述の図1の例と同様の材料構成をもって第1のクラッド層4、活性層5、第2のクラッド層6、更にキャップ層7が例えばMOCVD法により成長温度を800℃として形成される。

【0051】この場合においても活性層5の両側面8A及び8Bが基体1の主面1Sと45°の角度をなす{110}結晶面として構成され、矢印c、d及びeで示すように活性層5から両側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。そして裏面1R側に破線矢印a及びbで示すようにレーザ光を発振させることができる。

【0052】次に図5を参照して本発明半導体レーザの他の例を詳細に説明する。図5において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この例においては、分布反射型多層膜2が形成された化合物半導体基体1上に、第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6、キャップ層7が例えば前述の図1において説明した例と同様の材料構成をもって形成されて成る。

【0053】この場合、フォトリソグラフィ等の適用によりSiO₂、SiN_x等より成るマスク13を矢印Aで示す〈001〉結晶軸方向に延長するパターンとして設け、更にSiO₂等より成るこのマスク13上に化合物半導体層が成長されないように、例えば減圧MOCVD法等により成長温度を800℃程度として各層4、5、6及び7を成長することによって、マスク13の縁部から基体1の主面1Sと45°をなす{110}結晶面を自然発生的に生じさせ、側面8A及び8Bが{110}結晶面より成り〈001〉結晶軸に延長するように第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6から成るメサ状突起50を構成する。

【0054】このようにして、矢印c、d及びeで示すように活性層5から両側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。そしてこの場合においても裏面1R側に破線矢印a及びbで示すようにレーザ光を発振させることができる。

【0055】次に図6を参照して本発明半導体レーザの他の例を詳細に説明する。図6において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この例においても、化合物半導体基体1上に、分布反射型多

層膜2と、第1のクラッド層4、活性層5及び第2のクラッド層6、キャップ層7が、例えば前述の図1において説明した例と同様の材料構成をもって形成されて成る。

【0056】そしてこの場合においても、矢印Aで示す〈001〉結晶軸方向に延長するパターンとしてフォトリソグラフィ等の適用によりマスク13を形成した後上述の各層2、4、5、6及び7を例えばMOCVD法により成長温度を800℃程度として成長することによって、マスク13の縁部から基体1の主面1Sと45°をなす{110}結晶面が自然発生的に生じ、各層の側面が{110}結晶面より成り〈001〉結晶軸方向に延長するメサ状突起50が構成される。

【0057】このようにして、矢印c、d及びeで示すように活性層5から両側面8A及び8Bを介して分布反射型多層膜2で反射される共振器を構成する。そして裏面1R側に破線矢印a及びbで示すようにレーザ光を発振させることができる。

【0058】尚、図5及び図6に示す例においては、マスク13の表面に半導体層が被着されない程度であれば、このマスク13の高さを任意に選定することができる。

【0059】上述したように図1及び図4～図6において説明した半導体レーザにおいては、その活性層の側面8A及び8BをRIE等のドライエッチングを適用することなく1回の結晶成長により構成することができ、各層及び基体1の主面1Sに対し45°の角度をなすミラー面を良好な結晶性をもって得ることができる。

【0060】また、上述の各実施例においてメサ突起20またはマスク層13に囲まれた領域を基体1上に多数形成することにより、半導体レーザの2次元アレイ化を容易に行うことができる。

【0061】更に、活性層5の長さ(幅)方向を含んで共振器を構成することから、この長さを大とすることによって充分利得領域長の大なる共振器を得ることができるため、分布反射型多層膜2の厚さを大としたり、その反射率を極めて大とすることなく例えば上述したように70%程度とすることができ、充分高い利得を得ることができることとなり、動作電流密度を低減化でき、低しきい値化と共に高出力化をはかることができる。

【0062】更にまた、分布反射型多層膜2を活性層5と基体1との間に設けるのみで共振器を構成することができることから、n型の分布反射型多層膜のみにより面発光レーザを構成することができ、p型の分布反射型多層膜による高抵抗化を回避することができる。

【0063】またこの場合、{110}結晶面より成る側面8A及び8B上、また図6における側面18A及び18B上においても、ある程度の厚さの半導体層が形成されることとなる。このため、各活性層5の側面が外部に露出することなく、より屈折率の小さい(バンドギャ

13

ップの大きい) クラッド層6に覆われることとなつて、活性層5の側面8A及び8Bにおけるレーザ光の吸収を防ぐ窓構造を構成し、臨界光出力を高くすることができる。

【0064】尚、図5及び図6においては{110}結晶面上に成長される薄い半導体層を省略して示しているが、これらの例においても図1及び図4における例と同様に、{110}結晶面上に薄い半導体層が成長することはいふまでもない。

【0065】次に、図12を参照して本発明半導体レーザの他の例を詳細に説明する。この例においては、図1に示す半導体レーザにおいて、第2のクラッド層6上に、ヘテロフォトリランジスタ(HPT)40を形成して複合素子を構成した場合を示し、図12において、図1に対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0066】図12において41は例えば厚さ4 μ mのp型GaAs等より成る光吸収層で、第2のクラッド層6上に連続して設けられる。そしてこの上に厚さ例えば500nmのp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As等より成るコレクタ層42、厚さ例えば数十〜数百nmのn型GaAs等より成るベース層43、厚さ例えば1 μ mのp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As等より成るエミッタ層44、更に厚さ例えば100nmのp型GaAs等より成るキャップ層45を順次MOCVD法等により被着し、更にこの上にp型の電極46を蒸着、フォトリソグラフィ等により例えば櫛型パターン、格子状パターン等として、矢印L_iで示す電極46上からの入力光がトランジスタ40の結晶内に入り込むように形成する。

【0067】このような構成とすることにより、入力光L_iによって増幅された電流がレーザ内に入り込み、下部の活性層5及び分布反射型多層膜2において励起発振されたレーザ光が矢印a及びbで示すように基体1の裏面1R側に出射され、入出力光を同一方向に出射する光機能素子を得ることができる。

【0068】このとき、入力光L_iによって発振したレーザは、レーザ光以外に四方に(即ち方向性をもたずに)自然放出光も放っている。光吸収層41の厚さが上述したように4 μ m程度と充分大とされた場合は、この自然放出光はトランジスタ40のベース層43に届かず、入力光L_iを止めることによりレーザ発振も止まることとなる。

【0069】一方光吸収層41の厚さを比較的薄くしたり、または光吸収層41にAlを含有させる等してバンドギャップを大とする場合は、自然放出光が吸収層41を通過してベース層43に達するため、この光により増幅されていわゆる正帰還がかかり、この状態で入力光L_iを止めても、レーザ自身の自然放出光によってレーザは発振し続けることとなり、いわば光メモリ機能素子を得ることができる。

14

【0070】尚、このようにフォトリランジスタを組み込む構成は、上述の例に限ることなく、図4〜図6において説明した例等、種々の構成の本発明半導体レーザに適用することができることはいふまでもない。また、特にフォトリランジスタとして上述したようにIIP Tを構成する場合は、より高い増幅を得るためには上述した例の如くダブルヘテロ型の他、エミッタとベースとの間にヘテロ接合を設けたシングルヘテロ型構成とか、或いはコレクタ側のAl含有量を小さくした非対称なダブルヘテロ型構成とすることもできる。

【0071】また、本発明半導体レーザは上述の各例に限定されるものではなく、各層の導電型を逆としたり、各半導体層の材料としてInGaAs系やInP系材料を用いるか、或いは分布反射型多層膜を化合物半導体基体の裏面側に設ける等、その他種々の材料構成の変形変更をなし得ることはいふまでもない。

【0072】

【発明の効果】上述したように、本発明半導体レーザによれば、活性層の側面8A及び8Bを1回の結晶成長により構成することができて、各層及び化合物半導体基体の主面に対し45°の角度をなすミラー面を良好な結晶性をもって簡単且つ確実に得ることができる。

【0073】また他の本発明半導体レーザ及びその製造方法においては、分布反射型多層膜上にこれに接するように活性層を設ける場合においても、その後無選択エッチングを施すことによって活性層端の反射鏡面となる側面を共振器の内側にシフトさせることにより、発振光が回折することなく分布反射型多層膜内に向かう構成とすることができて、光フィードバック効率を高めることができる。

【0074】また、これら本発明半導体レーザにおいては、メサ突起等を多数個形成することによって2次元アレイ化を容易に行うことができる。

【0075】更に本発明によれば、活性層の長さ(幅)方向を含んで共振器を構成することから、この長さを大とすることによって充分利得領域長の大なる共振器(キャビティ)を得ることができて、これにより分布反射型多層膜の反射率を70%程度とすることができるため、低しきい値化と共に高出力化をはかることができる。

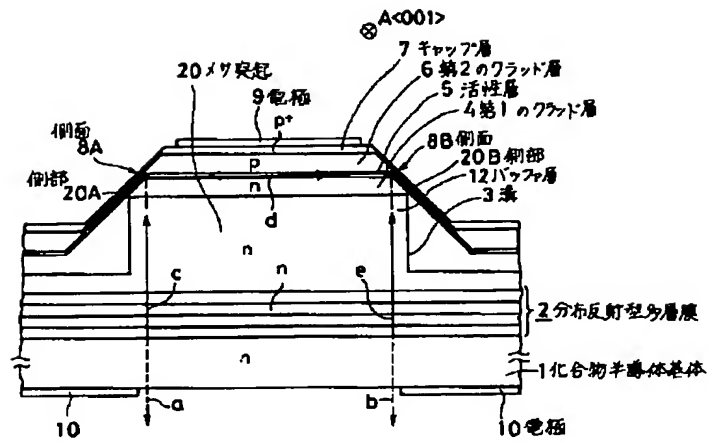
【0076】更にまた、n型の分布反射型多層膜のみにより面発光レーザを構成することができ、p型の分布反射型多層膜による高抵抗化を回避することができる。

【0077】また活性層に比し屈折率の小なる半導体層が活性層の側面上に被着され、いわゆる窓構造を構成することができるため、臨界光出力を高くすることができる。

【0078】更に、第2のクラッド層上にフォトリランジスタを構成することにより、入出力光を同一方向に出射する光機能素子を得ることができる。

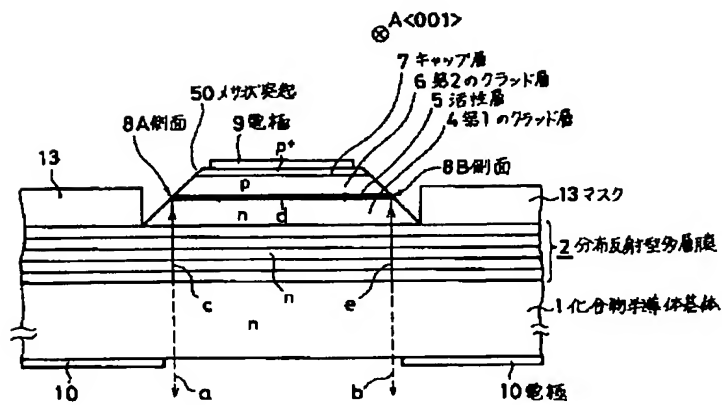
【0079】またフォトリランジスタを設けるときにそ

【図4】



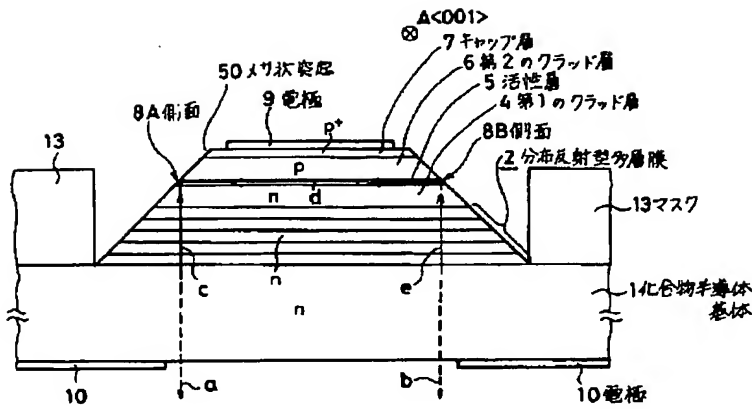
本発明半導体レーザの他の例の断面図

【図5】



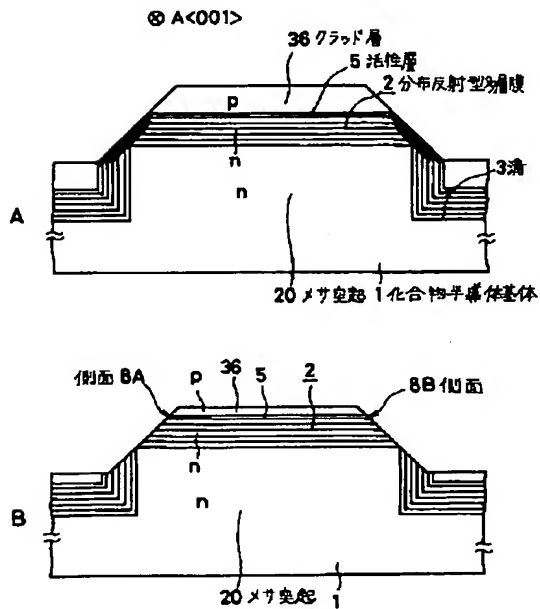
本発明半導体レーザの他の例の断面図

【図6】



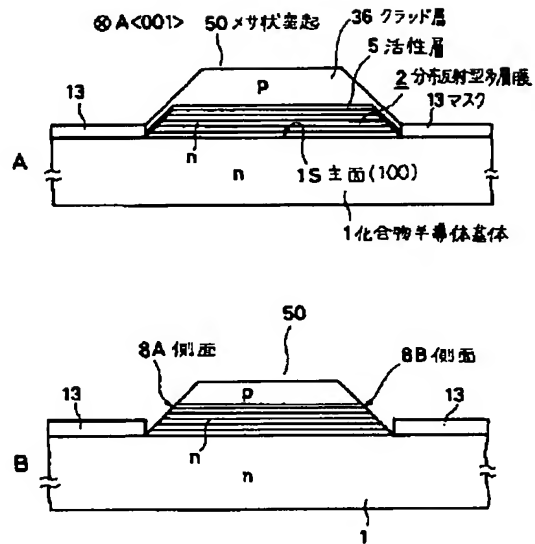
本発明半導体レーザの他の例の断面図

【※10】



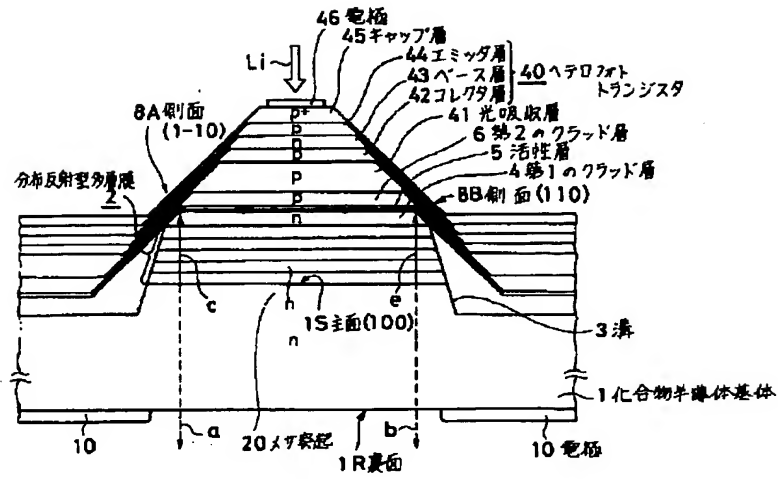
本発明半導体レーザの製造方法の
他の例の工程図

【 1 1】



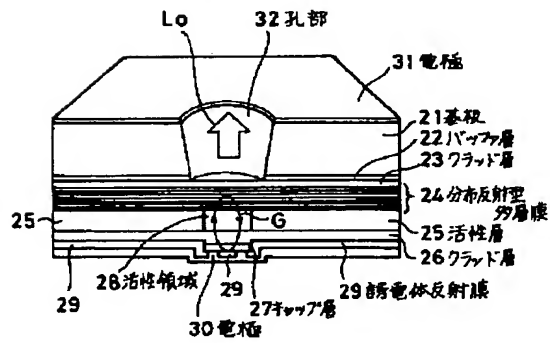
本発明半導体レーザの製造方法の
他の例の工程図

【図12】



本発明半導体レーザーの他の例の断面図

【図13】



従来半導体レーザーの一例の構成図